ISTITUTO DI ANATOMIA PATOLOGICA DELLA R. UNIVERSITÀ DI PAVIA

PROF. DOTT. ACHILLE MONTI

DIRETTORE

GLI INQUINAMENTI DELL'ARIA
in relazione colla nebbia e la meteoropatologia

Dal *Bollettino della Società Medico-Chirurgica di Pavia*
Anno XLVIII della fondazione della Società
1934 (a. XII) - Fascicolo 2.

PAVIA
TIPOGRAFIA GIÀ COOPERATIVA
1934

ISTITUTO DI ANATOMIA PATOLOGICA DELLA R. UNIVERSITÀ DI PAVIA

PROF. DOTT. ACHILLE MONTI

DIRETTORE

GLI INQUINAMENTI DELL'ARIA
in relazione colla nebbia e la meteoropatologia

Dal *Bollettino della Società Medico-Chirurgica di Pavia*
Anno XLVIII della fondazione della Società
1934 (a. XII) - Fascicolo 2.

PAVIA
TIPOGRAFIA GIÀ COOPERATIVA
1934

ISTITUTO DI ANATOMIA PATOLOGICA DELLA R. UNIVERSITÀ DI PAVIA

PROF. DOTT. ACHILLE MONTI
DIRETTORE

GLI INQUINAMENTI DELL'ARIA in relazione colla nebbia e la meteoropatologia

(Comunicazione fatta nella Seduta del 12 febbraio 1934)

I.

Introduzione.

L'eminente anatomo-patologo di Liegi, prof. J. Firket, che ha illustrato all'Accademia di Medicina del Belgio la patogenesi dei casi mortali occorsi nella valle della Mosa per effetto delle nebbie nel dicembre del 1930, pubblica ora un volume (in collaborazione col chimico Batta e con l'ingegnere di miniera Leclerc) nel quale gli inquinamenti dell'atmosfera sono acutamente studiati anche in relazione ai fattori meteorologici.

Tali problemi furono già discussi con criterii pratici in Inghilterra, dove le ricerche compiute da particolari uffici tecnici ispirarono le Autorità che promulgarono norme regolamentari.

In Italia l'argomento venne esaminato con molta dottrina da Oddo Casagrandi al Congresso di Igiene Urbanistica (dove si ebbero comunicazioni notevoli da parte di A. Policard, e Ch. Garin) ma in altri campi scientifici non ha richiamato l'attenzione che meritava.

Infatti il Vercelli, che ha pubblicato un grande volume di 700 pagine col programma di riassumere lo stato presente della scienza per quanto riguarda « l'aria nella natura e nella vita » ha bensì riferito in diversi capitoli notizie varie relative alla bioclimatologia, alla meteoropatologia, all'aria come ambiente di vita, ma non ha creduto meritevoli di un esame alla luce della fisica meteorologica i casi del Belgio, e liquidò in poche righe i problemi relativi ai pulviscoli sospesi considerandoli semplicemente come impurità dell' aria, senza addentrarsi a discutere le loro vicende in relazione colle diverse meteore.

Certo il Vercelli ha descritto con sobrietà e precisione le specie delle meteore ed ha molto bene definito i principii fisici che la scienza moderna invoca per cercarne la spiegazione, in altri termini ci ha esposto con esattezza la fisica dell'atmosfera, ma non ci illustra « l'aria come ambiente di vita ».

Il suo libro sarà tuttavia prezioso come punto di partenza per studiare le relazioni che intercedono tra determinati fattori meteorologici e certi grandi fenomeni biologici : l' influenza delle varie meteore sulla vita e sulle singole specie di viventi, le forme della vita nei diversi ambienti aerei, l'azione degli agenti atmosferici sulla distribuzione della materia, sulla diffusione dei germi viventi, sulle fermentazioni, sulla circolazione naturale dell'azoto, del carbonio, dell' idrogeno, dello zolfo, sulla fertilità del terreno, sulle malattie delle piante degli animali e dell'uomo.

Solo così noi potremo avere nozioni più esatte intorno alla fisiologia ed alla patologia dei diversi ambienti aerei, dei diversi climi.

Molti di tali problemi furono già singolarmente studiati, ebbero anzi in Italia i primi e più grandi interpreti: poi nei loro sviluppi ulteriori furono illustrati da specialisti di varie tendenze e di lontani paesi: perciò una revisione generale delle nostre conoscenze sui rapporti tra le meteore e la vita, potrà darci una più esatta coordinazione scientifica e suscitare nuove correnti di più precise ricerche. Ricordo appena alcuni capisaldi.

Fin dal secolo XVIII Lazzaro Spallanzani colle sue celebri esperienze fatte sui terrazzi dell'Università di Pavia aveva dimostrato che la decomposizione di sostanze diverse, le varie fermentazioni, la comparsa di « animaletti » in liquidi bolliti traggono origine da germi caduti dall'aria.

Luigi Pasteur coronò l'opera dello Spallanzani con lo studio « des poussières organisées dans l'atmosphère » comprovando che tutta la circolazione della vita terrestre dipende dai minuti organismi sospesi nell'aria e disseminati dai venti: così dischiuse campi sterminati di studi nuovi, che hanno con la meteorologia rapporti men noti, ben degni di essere oggi presi in esame e meglio definiti coi criteri della fisica moderna.

Alessandro Volta colle ricerche sulla genesi dell'elettricità atmosferica, coll'invenzione del collettore elettrico, colla scoperta del gas delle paludi, ha gettato le basi della bioclimatologia e della chimica-fisica applicata alla conoscenza delle impurità dell'aria per gas irrespirabili. Come elementi fondamentali della bioclimatologia non possono essere dimenticate nè l'opera di Paul Bert sulla pressione barometrica nè quella di Angelo Mosso intorno alla fisiologia dell'uomo sulle Alpi, nè le ricerche di Virgilio Ducceschi, che per primo fece conoscere il mal della discesa, detto *mal de la bajada* nelle Ande dell'America Meridionale.

La bioclimatologia col darci i quadri della vita nei diversi climi ci permetterà di portare sul terreno dell' osservazione obbiettiva e dell' esperimento diretto i problemi della meteoropatologia fin qui intravveduti soltanto per intuizioni geniali ed interpretati con ipotesi vaghe. Non per questo vorremo dimenticare che Cesare Lombroso, col suo volume « Pensiero e meteore » ben riconobbe la influenza dei fattori meteorologici sul sistema nervoso ed impostò problemi che attendono ancora la loro soluzione da più esatte ricerche.

L' importanza dei pulviscoli sospesi nell' aria per la biologia e per la patologia fu già illustrata in un celebre libro dal Tyndall: le osservazioni del Secchi, del Celoria, del Tacchini e di altri molti hanno ben accertato che le meteore possono trasportare i pulviscoli a grandi distanze. Giorgio Roster raccolse in due volumi le sue osservazioni e tutte le notizie che si avevano al suo tempo sul pulviscolo atmosferico e sull' aria come ambiente di vita vegetale ed animale. Antonio Stoppani, descrivendo con grande magistero di parola il dinamismo che mantiene la purezza dell'atmosfera, illustrò a grandi linee la circolazione dell' acido carbonico tra l' atmosfera e la terra.

Malgrado queste ed altre pietre miliari nè la bioclimatologia nè la meteoropatologia possono considerarsi come corpi di dottrina solidamente costituiti.

Solo ora dopo i progressi raggiunti dalla fisica e dalla chimica dell' atmosfera noi potremo definire i rapporti tra meteore e fenomeni biologici ed interpretare il significato causale o specifico dei singoli fattori meteorologici nell' economia della vita.

Ma a tal fine occorrono nuove osservazioni e nuove esperienze biologiche condotte coi metodi della fisica e della chimica.

Lo studio dei tipi di nebbia in relazione alle varie influenze che possono esercitare sulla vita e sulla salute dell' uomo, degli animali e delle piante è proprio un capitolo della meteoropatologia che non può essere svolto senza le odierne cognizioni intorno alla fisica dell' atmosfera: perciò merita di essere preso in considerazione dal patologo e dal meteorologo.

Data la frequenza delle nebbie a Pavia volli cercare se e come anche qui potessero presentarsi i problemi relativi all' inquinamento dell' atmosfera quali furono studiati in Belgio dal Firket e collaboratori, e non avendo trovato spiegazioni per me sufficienti nei libri dei meteorologi ho fatto alcune osservazioni ed esperienze di orientamento.

Ho cercato di determinare:

a) i tipi di nebbie prevalenti nella nostra zona;

b) il modo di comportarsi dei pulviscoli sospesi nell' aria in relazione con le nebbie;

c) l' influenza delle nebbie sulle variazioni dei germi dell' aria;

d) la dispersione ed il ristagno di alcuni gas che possono essere molesti o nocivi.

II.

I tipi di nebbia prevalenti nel nostro territorio.

Nella nostra zona non ho mai osservato le *nebbie da polvere* sollevata dal vento, quali si incontrano in Africa od in altri climi desertici. La formazione di tali nebbie è resa estremamente difficile nella nostra pianura tutta rivestita da una cotenna erbosa e quasi dovunque soggetta ad abbondante irrigazione che impedisce il sollevamento di polveri.

Mancano anche le vere *nebbie da fumo*, quali sono quelle nebbie nere che ci fecero tanta impressione a Londra ed in altri grandi centri industriali.

Non è che manchi il fumo nell'ambito delle nostre osservazioni: anzi in un'area relativamente ristretta si conta una decina di grandi fumaiuoli, che non di rado, specialmente nei giorni di bassa pressione atmosferica, presentano il fenomeno del fumo che sale fino ad una certa altezza e poi si espande e ridiscende verso terra.

Ma i nostri fumaioli non sono a getto continuo e le fumate non bastano a formare vere nebbie da fumo: d'ordinario il fumo discendendo se non giunge a terra si mescola in misura diversa a seconda dei movimenti dell'aria e della temperatura con le minutissime goccioline sospese che formano la nebbia umida.

Anche i *muri di nebbia*, che si incontrano talvolta in montagna, non compaiono nella nostra cerchia; si notano invece in autunno piccole *nebbie mattinali* sulle morte del Ticino e del Navigliaccio e sulle acque quasi stagnanti delle risaie. Sono nebbiette fugaci dovute al passaggio di aria più fredda sulla superficie delle acque che hanno conservato un certo tepore.

Il tipo più frequente di nebbia nella bassa pianura padana è la *nebbia da radiazione* o nebbia terrestre, che si forma quando l'aria vicina a terra diventa, fino ad una certa altezza, più fredda dell'aria soprastante, quando cioè la bonaccia di vento rende possibile un'inversione dell'ordinaria stratificazione termica.

Di solito la temperatura dell'aria diminuisce coll'altezza secondo una certa norma e quando la terra si raffredda nella notte il vapor d'acqua contenuto negli strati più bassi dell'aria arrivando a saturazione precipita in forma di rugiada (o di brina) mentre i pulviscoli sospesi

sono portati in alto dai moti convettivi dell' aria. Ma se l' aria rimane immobile con cielo sereno la temperatura può abbassarsi solo nello strato vicino a terra fino ad una certa altezza al di sopra della quale permane uno strato di aria più calda. Si arrestano così i moti convettivi e si forma la nebbia, di solito più fitta a contatto del suolo.

Tali nebbie sono minori nell'interno della città, dove la radiazione delle case riscalda l'aria, determina colonne ascendenti d' aria calda ed impedisce così l' inversione termica: appaiono invece molto più dense nelle immediate vicinanze delle città dove i fumi ed i vapori esalati dalle case stagnano sulla terra più fredda. Così nella cerchia del Policlinico di Pavia la nebbia è d'ordinario più frequente e più fitta che non in città.

La saturazione del vapore d'acqua non ha speciale importanza nei processi di formazione della nebbia terrestre. Sono le particelle minutissime sospese nell' aria, che agiscono come nuclei di condensazione. Nell' aria, sopratutto in certe condizioni, si riconoscono facilmente particelle diverse in sospensione: pulviscoli inorganici formati da granuli di varia costituzione, talora del diametro di $^1/_2$-1 micron, talora più grossi, di cui alcuni non sono elettrizzati, altri hanno sicuramente una carica elettrica (e perciò possono esercitare un' influenza sulla condensazione del vapore); infine non mancano le particelle idrofile costituite secondo i fisici da granuli o da minutissimi cristalli di sali igroscopici (Owen) che devono avere la funzione più attiva nella condensazione. A mio avviso non si può dimenticare che sono fortemente igroscopici tutti i germi sospesi nell'aria, le spore, i granuli di polline, molti residui organici anche se estinti. Accanto ai germi più facilmente dimostrabili bisogna ricordare anche quelli ultra-microscopici.

Senza questi nuclei di condensazione l'aria pura' anche se è soprasatura, non dà origine a goccioline sospese, nè a formazione di nebbia.

Il numero dei nuclei attivi nella condensazione non dipende dalla superficie evaporante: nel nostro caso non dalla estensione delle risaie o delle marcite, ma dai moti convettivi dell'aria. Quando si forma uno strato con inversione della temperatura i moti convettivi ascendenti sono sbarrati e con essi si arresta la salita dei nuclei di condensazione. Questi stagnano e determinano la formazione della nebbia.

Infatti noi abbiamo visto proprio quest'anno le nebbie più fitte nei giorni più freddi, quando l'escursione diurna della temperatura andava da — 3 C° a — 13, tutta la pianura era ammantata di neve e le stesse marcite erano completamente coperte da un alto strato di ghiaccio, che nelle acque stagnanti (come nelle nostre vasche lasciate esposte sul terrazzo) raggiunse lo spessore di 45 cm.

In tali casi l'umidità assoluta dell'aria vicino a terra è minima: a parità di pressione atmosferica la quantità massima di vapore d'acqua in un chilogrammo d'aria è appena di gr. 1,25 alla temperatura di — 13, di gr. 2,98 alla temperatura di — 3: quando il termometro sale sopra zero l'umidità cresce rapidamente ed a + 17 supera i gr. 12. Durante il giorno se l'aria si riscalda l'evaporazione aumenta, ma cresce anche più rapidamente il limite di saturazione: col raffreddamento notturno l'evaporazione diminuisce, ma la quantità di vapor d'acqua rimasto nell'aria arriva presto alla saturazione e precipita sotto forma di rugiada o di brina senza produrre nebbia.

Che la frequenza delle nebbie nella nostra regione non sia in diretta funzione nè coll'abbondanza d'acque, nè colla estensione delle risaie e delle marcite, risulta evi-

dente anche dalle enormi differenze nel numero delle giornate nebbiose che si ebbero nella stessa nostra zona in annate diverse.

Infatti, secondo i dati raccolti dal Raffo, a Pavia

nel 1875 si ebbero 143 giornate di nebbia
» 1878 » » 39 » » »
» 1885 » » 116 » » »
» 1886 » » 44 » » »
» 1890 » » 42 » » »
» 1900 » » 141 » » »
» 1906 » » 68 » » »

Dunque la formazione della nebbia nella pianura pavese non è in rapporto con la ricchezza di acque e coi sistemi di irrigazione del terreno, ma dipende dal regime meteorico dell' annata.

Il fenomeno dell' inversione termica, onde traggono origine le nostre nebbie, può talvolta essere circoscritto in rapporto ad una particolare configurazione del terreno ed allora si può avere un *banco di nebbia* nettamente limitato, per esempio nelle bassure interposte tra il ciglio della valle diluviale ed il margine sopraelevato di una grande arteria stradale.

Per lo stesso fenomeno specialmente quando la pressione atmosferica è bassa, mi capita spesso di osservare che il fumo dei grandi comignoli invece di salire tende a discendere più o meno presto verso terra, oppure si arresta e si livella formando uno strato orizzontale, che eventualmente si continua e si mescola con la nebbia.

Così avviene che anche i nostri aspiratori non bastano ad allontanare le esalazioni dei laboratorii, le quali ricadono e stagnano intorno ai fabbricati, specialmente quando le esalazioni stesse, di solito più pesanti dell'aria,

non sono nè arse nè riscaldate da aspiratori a fuoco, ma sono semplicemente richiamate da aspiratori elettrici.

Perciò, specialmente nel nostro clima anticiclonico, dove il vento manca o non è sufficiente a disperdere i gas ed i vapori, dove il fenomeno dell'inversione termica è frequente, gli aspiratori a fuoco sono sempre da preferirsi agli aspiratori elettrici.

III.

Pulviscoli e germi fluttuanti nell'aria in relazione alle vicende meteorologiche locali.

Le polveri sospese nell'aria hanno richiamato l'attenzione fino da epoche remote: Giorgio Roster in due volumi pubblicati dal 1886 al 1889 ha riassunto le numerose ricerche fatte in Italia nel quadro generale delle conoscenze acquistate a quel tempo. Gli studi ulteriori ebbero grande sviluppo specialmente in Inghilterra, dove si pubblicano rapporti annuali di « Investigations of Atmospheric Pollution », giornali speciali e trattati.

Per ottenere valori comparativi, nel corso di ricerche sistematiche, furono ideati diversi apparecchi più o meno complicati, come il *Jet dust counter* del Owen, il *Conimetro* di Zeiss, l'Aitken's *Dust Counter*; il filtro automatico Casella, lo *Standard Gauge*, ed altri metodi descritti nel libro del Firket.

Nella nostra zona ho fatto ricerche comparative sul pulviscolo sospeso nell'aria adottando procedimenti molto semplici:

a) lastre di vetro vasellinate a caldo, esposte per un tempo determinato in giorni diversi con nebbia e senza nebbia in direzioni diverse.

b) aspirazione di quantità uguale di aria attraverso a sistemi di palloncini o di tubi in serie modelli Roster, o simili.

Questi processi parvero sufficienti al nostro scopo, che non era quello di fare analisi quantitative sul pulviscolo nell'aria, ma di riconoscere i rapporti tra nebbia e pulviscolo sospesi nell'ambito del nostro territorio.

Tanto col metodo della semplice esposizione di lastre, come con quello dell'aspirazione di aria attraverso tubi contenenti acqua, ebbi documentata l'influenza della nebbia sul pulviscolo: i risultati dei due metodi non sono identici, ma si corrispondono e sono proporzionali.

Le esperienze furono impostate per lo più sul terrazzo al terzo piano dell'Istituto di Anatomia patologica che è alto circa 16 m. sul piano stradale, alcune osservazioni furono fatte a pianterreno, nel giardino, nessuna al primo piano per mancanza di un qualsiasi terrazzo o balcone.

Dalle nostre esperienze risultò che qualunque sia la loro natura, i pulviscoli sospesi nell'atmosfera si sollevano, si diffondono, si concentrano, si disperdono a seconda delle vicende atmosferiche obbedendo a leggi fisiche senza notevoli differenze tra le particelle inorganiche ed i germi viventi, salvo in certi casi molto caratteristici.

Tra gli elementi del pulviscolo raccolto nelle mie esperienze ho potuto riconoscere i seguenti:

1. Silice in forma di granelli di sabbia o di frammenti di diatomee.
2. Cementi in polvere finissima (derivati dalla degradazione dei fabbricati).
3. Calce (solubile negli acidi).
4. Argilla terrosa.
5. Granelli rossi di mattoni o di ossido di ferro.

6. Ossido di ferro o solfuro di ferro.
7. Ferro metallico o corpuscoli ferruginosi magnetici.
8. Cenere e fuliggine.
9. Carbone minerale in scagliettine.
10. Catrame, solubile in solfuro di carbonio.
11. Nero fumo da imperfetta combustione di oli pesanti.
12. Cristallini trasparenti igroscopici.

Con atmosfera limpida senza vento il pulviscolo depositato sulle lastre nelle 24 ore mi risultò in inverno più abbondante di quanto avrei supposto per la nostra zona e costituito in grande prevalenza da polveri per lo più in forma di piccole scheggette angolose di carbone e da granuli di fuliggine o di nero fumo, da minutissime particelle di catrame, solubili in solfuro di carbonio.

In quantità minima ho trovato corpuscoli silicei, ferruginosi, calcari.

I corpuscoli ferruginosi sono attratti dalla calamita: alcuni hanno forma di minimi cristalli o di scheletri cristallini, altri sono tondeggianti come piccolissime goccioline di ferro fuso, il che mi fa pensare che, almeno in inverno, la parte preponderante del pulviscolo provenga dai grandi fumaioli, il cui fumo non viene disperso dai venti, ma tende a precipitare nelle immediate vicinanze.

Veramente i globuli ferruginosi furono dal Roster interpretati come pulviscolo di origine cosmica, ma io dubito che nel nostro caso derivino semplicemente dai fuochi della fonderia Necchi.

Quanto più il vento è sensibile tanto più lo spettro del pulviscolo raccolto tende a cambiare carattere. Prevalgono allora di gran lunga granelli di silice, di calce, polveri finissime di cemento, di mattoni, detriti argillosi ora grigiastri, ora brunicci: sono evidentemente polveri

sollevate da terra, in luoghi più o meno lontani, in parte anche dagli edifici in costruzione nelle vicinanze.

Con tempo secco anche questo pulviscolo è abbondante e può contenere elementi vari trasportati da grandi distanze. Non mancano i detriti vegetali: bricciole di fogliame secco, scheggie minutissime di legno, frammenti di fibre, pelurie distaccate da steli o da foglie morte, avanzi di semi talvolta con granuli d'amido, lamelle informi derivate dal disfacimento di piante diverse.

Durante l'inverno non ho visto granelli di polline di graminacee che avevo trovati abbondanti anche sugli alti terrazzi del vecchio S. Matteo, quando feci osservazioni in primavera.

Assai più rari sono i pulviscoli di origine animale: frammenti di piume, di peli, di spoglie di insetti; talvolta ali strappate di zanzare o di mosche, talaltra interi ditteri, vivi anche nel cuore dell'inverno.

*
* *

I *germi viventi* mi apparvero in misura molto diversa, a seconda delle vicende meteorologiche.

In principio dl inverno, dopo le pioggie autunnali prolungate di quest'anno, le esperienze fatte sull'alto terrazzo del mio Istituto, con cielo sereno e calma di vento, mi hanno dimostrato un numero di germi abbastanza considerevole.

Col procedimento Pompeiani, facendo gorgogliare 40 o 50 litri di aria attraverso una quantità determinata (20 cmc.) di acqua sterile, ho trovato che il numero di germi oscillava da 2 a 10 per litro di aria.

Di questi una metà erano mucedinee semplici e comuni (penicilli, aspergilli, mucor) l'altra era costituita da schizomiceti: erano essenzialmente cromogeni (gialli,

aranciati, bianchi) con tipiche colonie giallo citrine, giallo arancio, bianco latteo, bianco cremoso.

Qualche streptotrichea, rarissima qualche torulacea.

L' esposizione di grandi cristallizzatori con gelatina o agar per mezz'ora all'aria fornisce risultati perfettamente analoghi: in quanto che dà luogo allo sviluppo delle stesse specie nelle stesse proporzioni numeriche.

Quando l'atmosfera non è punto mossa il numero dei germi, che si raccolgono facendo gorgogliare l'aria attraverso l'acqua, cambia sensibilmente a seconda della velocità con la quale si compie l'operazione.

Se si mettono in funzione due apparecchi di cui uno impiega 25 minuti a filtrare 50 litri d'aria e l'altro impiega un tempo doppio, questo secondo dimostrò sempre un numero molto più elevato di germi. L'aumento però non ragguaglia mai il doppio e presenta notevoli oscillazioni.

Da tale fatto credo poter dedurre che i germi sono in generale fluttuanti nell'aria e tendono a ricadere con estrema lentezza verso terra: quanto più a lungo dura la filtrazione tanto più cresce la probabilità che i germi lentamente discendenti verso il suolo, sieno presi nel vortice di aspirazione. Infatti il numero dei germi appare sempre maggiore quando la bocca di aspirazione è verticalmente rivolta in alto, e non è costituita dalla semplice sezione del tubo, ma è allargata ad imbuto.

Il vento, che disperde rapidamente il fumo dei grandi camini e delle macchine, mentre da un lato depura l'aria dai pulviscoli carboniosi, dall'altra solleva e porta lontano le polveri della strada e della campagna. Quando l'aria è secca il vento fa così crescere sensibilmente il numero dei germi: li solleva a notevoli altezze ed a grandi distanze. Nella nostra zona l'aumento dei germi non è così grande come in altre perchè le campagne circostanti sono

tutte irrigue e perciò non consentono la formazione di quelle nuvole di polveri che si vedono talvolta sulle strade e sulle terre asciutte.

Ma il vento agita la superficie delle acque, solleva minute goccioline e con esse bacteri acquatili ed alghe e protozoi (incistati), ed uova di piccoli animali, vermi, tardigradi, crostacei.

Col vento sono portati in alto e lontano le spore diverse di bacteri del suolo, germi putrifici derivati spesso dalle deiezioni disseccate degli animali, più frequenti streptotrichee che vivono per lo più epifite sulle graminacee, e conidi di crittogame parassite, che possono così disseminare le malattie delle piante.

I meteorologi, che studiano le grandi correnti aeree, potranno dirci in quale misura i venti periodici convogliano regolari fiumi di polveri inorganiche a formare alluvioni atmosferiche nelle pianure dove vanno a depositarsi.

In base a tali dati si potrà poi meglio definire (almeno in parte) quali dei pulviscoli atmosferici sono di origine locale e quali provengono da luoghi lontani, quali arrivano solo accidentalmente e quali con norme costanti.

Il collega Ciferri molto opportunamente ci ha ricordato che in America la meteorologia agraria studia i venti dominanti per mezzo di velivoli che salgono a raccogliere le spore sollevate dai moti convettivi e dalle colonne ascendenti di aria calda fino a grandi altezze e poi portate a grandi distanze dai venti alti. Così si vanno determinando le vie aeree di propagazione della ruggine dei cereali e di altre malattie, la cui insorgenza improvvisa in regioni indenni pareva in altri tempi assolutamente inesplicabile.

IV.

Nebbie e nevicate — Germi e pulviscoli.

Le nostre osservazioni ripetute ci dimostrarono che la nebbia determina una concentrazione del pulviscolo sospeso nell'aria, sebbene in misura e con norma diversa a seconda della qualità della nebbia e delle altre condizioni meteorologiche locali.

Al principio d'inverno con fitta nebbia, che non mi lasciava vedere la chiesetta posta a 50 metri di distanza, le lastre vaselinate esposte per quattro-sei ore all'aria calma, rimasero coperte di un velo nero bene evidente, più abbondante di quello che si depositò in 1-3 giorni sereni senza vento.

All'esame microscopico, in mezzo a corpuscoli più grossi, di dimensioni variabili da 5 a 10 a 15 micron, più o meno angolosi, alcuni di colore nero, altri bruni, altri di aspetto chiaro e cristallino, apparvero in grande prevalenza minutissimi granuli di colore bruno nero o giallognolo, che misuravano in generale da mezzo ad un micromillimetro di diametro; talvolta questi granuli tendono a riunirsi in aggregati.

Sifatti granuli, così minuti che sembrano costituire una sospensione colloidale nell'aria, sono a mio avviso essenzialmente derivati dai più tenui prodotti della combustione esalati dai grandi camini delle immediate adiacenze, dalle locomotive che fanno continue manovre sulla prossima linea ferroviaria, dai treni di transito che passano in numero di oltre cento al giorno sui binari di corsa, dagli automobili che si incrociano ad ogni minuto sulla vicinissima strada di grande comunicazione Milano-Genova. Le emissioni che provengono dai focolari delle lo-

comotive e le fumate degli autocarri con imperfetta combustione dei loro olii, dato il numero altissimo (circa 2000 al giorno) delle vetture che si incrociano, rallentano al ponte o si arrestano per riprendere la corsa, non sono certo trascurabili e non possono essere senza influenza sulla formazione del più minuto pulviscolo, che appunto per la sua tenuità raggiunge il limite estremo del visibile anche a forte ingrandimento e può restare sospeso nell'aria per parecchie giornate.

La nebbia di radiazione senza vento fisicamente indotta dalla inversione termica agisce così concentrando le minutissime particelle fluttuanti nell'atmosfera, e con queste anche i germi dell'aria. Infatti il numero delle colonie apparve straordinariamente aumentato e nelle capsule esposte per mezz'ora osservai lo sviluppo di circa 600 colonie; mentre con cielo sereno ed aria calma le colonie arrivavano appena a 15-20.

Con tubi Pompeiani o simili seminando 1 o 2 cmc. di liquido ottenni vegetazioni corrispondenti a cifre sempre molto alte variabili da 20.000 a 60.000 germi per metro cubo mentre con cielo sereno ed aria calma ho trovato solo da 1000 a 10.000 germi per mc.

Oltre una metà delle colonie era costituita da mucedinee semplici poco diverse da quelle osservate con cielo sereno, ma tra gli schizomiceti invece comparivano abbondanti il *bacillus fluorescens liquifaciens,* il bacillo sottile, il bacillo delle patate, il *proteus vulgaris,* il *bacillus mycoides,* ed altri fondenti.

Questo reperto è molto caratteristico e dimostra la importanza che hanno certi tipi di nebbia per la concentrazione dei germi sospesi nell'aria e quindi per la patologia umana.

Si potrebbe da ciò concludere che una norma costante ed uniforme governa la distribuzione del pulviscolo atmosferico sia esso costituito da particelle inorganiche o da germi viventi.

Ma tale conclusione sarebbe errata perchè la successione delle meteore, le mutate condizioni fisiche dell'ambiente possono darci risultati affatto diversi ed opposti.

La nebbia fittissima che si ebbe per più giorni dopo la grande nevicata del gennaio scorso con aria perfettamente calma, concentrò talmente il pulviscolo atmosferico da farci apparire un tenue velo nero, visibile anche ad occhio nudo, sulle lastre esposte per poche ore, ma non ci dimostrò alcuno aumento nel numero dei germi nè sulle grandi capsule o cristallizatori esposti sul terrazzo, nè nei tubi di filtrazione dell' aria. Parecchie capsule esposte direttamente rimasero sterili: altre dettero una o due colonie: dalle culture fatte coll' acqua di filtrazione di 50 litri o di 100 litri di aria, ho calcolato che un metro cubo di aria conteneva appena da 10 a 200 germi.

La lunga nevicata precedente aveva depurata l' aria e ridotto al minimo i germi sospesi: ma la mancanza di vento ed il fenomeno dell' inversione termica aveva impedito il disperdimento dei prodotti di combustione versati nell' aria dagli innumerevoli autocarri di transito, dalle locomotive, dai grandi camini dei dintorni, le cui fumate contribuivano ad addensare la nebbia.

Con ciò era aumentata l' impurità dell' atmosfera per opera di pulviscoli carboniosi o dei vapori inorganici, era *diminuito l' inquinamento* dovuto a germi sospesi.

Anche nei giorni successivi alle grandi nebbie, allorchè tutto il territorio era coperto da un' alto strato di neve, l' aria rimase quasi priva di germi, e cominciò a popolarsi solo quando il vento riprese a portare dei pul-

viscoli provenienti forse in parte da paesi lontani, in parte della degradazione delle muraglie e dei fabbricati vicini. Queste osservazioni cominciano a spiegarci molti risultati contraddittori ottenuti in passato.

Piero Giacosa fino dal 1885 aveva trovato che le piastre di gelatina esposte all'aria della bassa pianura a Torino ed a Parella si coprivano di centinaia di colonie, mentre restavano sterili quelle esposte sulla cima del Monte Marzo a 2756 m.

Il Freudereich vide pure diminuire i microrganismi dell'aria coll'altezza e tra 2000 a 4000 m. non riuscì a dimostrare germi capaci di sviluppo. Così anche il Cristiani.

Ma il Flemming facendo ascensioni in pallone sopra Berlino incontrò spore di mucedinee fino a 4000 metri. Solo a distanza dalla città trovò quattro volte aria sterile.

Anche Aldo Baccaredda studiando dal velivolo i germi dell'aria trovò che sopra la città di Pavia giungevano a grandi altezze ed erano assai più numerosi che non in aperta campagna specialmente sulle risaie e sulle marcite.

L'irrigazione coprendo di un velo d'acqua la superficie del suolo impedisce il distacco delle polveri cariche di microrganismi, che i moti convettivi ed i vortici formati dai venti possono sollevare molto in alto. I moti convettivi con tempo sereno, le colonne d'aria calda che si innalzano d'inverno dalle grandi città, portano i pulviscoli più leggeri e le spore isolate di germi fino a notevoli altezze, anche oltre i 2580 m., dove i venti alti poi trasportano pulviscoli e germi a grandi distanze. Talvolta si ha una concentrazione sotto le nubi.

Subiscono la medesima sorte anche le particelle più minute delle ceneri eruttate dai vulcani, che portate in più alti strati dell'atmosfera dalla colonna dei gas e dei

vapori soprariscaldati, possono poi essere convogliate dai venti alla distanza di migliaia di chilometri.

Il meteorologo, dalla conoscenza dei venti dominanti, può fino ad un certo punto determinare la provenienza di certe polveri insolite trovate nell' aria di lontane pianure, come dalle vicende meteoriche di una data regione può presumere la maggiore o minore purezza dell' aria alle grandi altitudini.

La grandi nevicate trascinano con sè i germi fluttuanti nell' atmosfera: determinano così una perfetta depurazione dell' aria. La coltre di neve che rimane a coprire per lungo tempo tutta la campagna impedisce il sollevamento della polvere e dei germi terrestri.

Dopo le grandi nevicate di quest' anno anche nella bassa pianura abbiamo per poco tempo osservato quella purezza dell' atmosfera che siamo usi a trovare solo sulle alte montagne.

I germi dell' aria provengono dalla superficie terrestre, dove vegetano sul terreno, sulle piante, sui corpi dell' uomo e degli animali e sui loro rifiuti, disseminati dagli uccelli, dai chirotteri, dagli insetti alati o direttamente sollevati specialmente dai veicoli in corsa, sono portati lontano dai venti che talvolta trascinano anche minuti organismi contenuti nelle acque. Risultano sempre più abbondanti dove la vita sulla terra è più intensa e più frequenti sono le cause locali che mettono l' aria in movimento e sollevano polveri; invece l' aria è povera di germi nei luoghi sterili e deserti: dove le nevi persistono per la maggiore parte dell' anno.

Perciò a pari altezza l' aria è infinitamente più pura sulle montagne che non sopra le grandi città: così si spiegano le differenze tra i reperti del Flemming, che si era innalzato in pallone sopra Berlino, e quelli del Gia-

cosa, del Freudenreich e di tanti altri che fecero osservazioni al Monte Rosa od al Monte Bianco.

Sulle alte cime contribuisce alla purezza dell'aria la sterilità delle rocce, la estensione dei nevai e dei ghiacciai (dove possono trovarsi soltanto alcune alghe speciali) e l'*azione dei raggi ultravioletti,* che hanno un grande potere battericida.

In primavera però il polline di conifere e di graminacee, ed anche spore di crittogame, possono giungere anche sulle alte montagne coi venti caldi ascendenti e specie col favonio.

Nelle città, secondo le più recenti osservazioni del Mirone e del Casagrandi, i germi dell'aria risentono molto della qualità della pavimentazione stradale, della nettezza urbana, dell'agglomerazione, del movimento cittadino, della frequenza dei veicoli, mentre i venti non esercitano alcuna sensibile influenza.

Colle forme più moderne di pavimentazione il numero dei germi nelle vie cittadine apparve diminuito: tuttavia il Casagrandi ed il Mirone trovarono ancora germi patogeni, che già avevano segnalato il Roster, la Concornotti, il Condorelli, ecc.

A Pavia sui terrazzi del vecchio S. Matteo il numero dei germi provenienti dalle strade semplicemente acciottolate, era più elevato che non dentro le infermerie, che avevano ottima pavimentazione sempre accuratamente lavata ed un impianto molto studiato per il continuo ricambio d'aria. Assai più numerosi mi apparvero i germi in aule universitarie subito dopo una lezione molto frequentata. Trovai allora anche germi piogeni e bacilli tubercolari, che non rinvenni mai nelle sale ospitaliere.

Sul terrazzo del policlinico, anche con nebbia, che ha concentrato i germi, non ho mai trovato nè bacilli

tubercolari, nè cocchi piogeni. Il numero complessivo dei germi risultò tuttavia più numeroso di quello riferito dal Casagrandi. Ritengo che tale reperto sia in relazione colla qualità delle strade adiacenti, tutte a fondo naturale e molto polverose, col continuo passaggio di animali e di carri, che portano materiali molto diversi alcuni dei quali carichi di germi.

V.

La nebbia ed i gas nocivi.

Le osservazioni fatte dal Firket e collaboratori nel Belgio hanno dimostrato che la nebbia coll' arresto dei moti convettivi impedisce la dispersione dei gas estranei rigettati nell' aria colle esalazioni di grandi stabilimenti industriali.

A Pavia ho potuto fare soltanto poche esperienze preliminari non avendo pronti gli istrumenti adatti a tempo opportuno.

Con cielo sereno ed aria mossa non sono riuscito a riconoscere alcuna traccia di gas o di vapori insoliti facendo gorgogliare grandi quantità di aria mediante una pompa elettrica attraverso a serie di palloncini con acqua distillata o con soluzioni diverse capaci di fissare l' uno o l'altro dei presunti gas estranei.

Ma con la nebbia fitta ho ottenuto qualche risultato degno di considerazione.

In generale il pH apparve abbassato fino a 5,0-4,2 e tale reperto mi ha indotto a concludere che nell' aria si trovavano tracce di un acido libero diverso dall' acido carbonico.

L' acidità era ben riconoscibile non solo colla carta di tornasole, ma anche colla carta di rosso congo, ed io

ritenni probabile che si trattasse di tracce di acido solforoso o di acido solforico derivate dai prodotti di combustione delle grandi officine. Ma quando rinnovai le esperienze, dopo un certo periodo di tempo, allorchè già la neve si era quasi intieramente disciolta, non trovai più l'acidità dei giorni di nebbia, e dovetti riconoscere che l'acqua distillata (attraverso alla quale avevo fatto gorgogliare qualche metro cubo di aria) presentava una distinta reazione alcalina.

Ho interpretato il reperto come dovuto ad ammoniaca proveniente dai numerosi cumuli di letame che i contadini avevano portato sui campi adiacenti al Policlinico in attesa dei lavori di concimazione primaverile.

In occasione dell'ultima nebbia feci ulteriori tentativi per scoprire se nell'aria ci fossero tracce di solfuro di carbonio ed in un caso ebbi risultato positivo.

Nel caso nostro il solfuro potrebbe derivare non tanto dagli stabilimenti industriali vicini o dalle lente fermentazioni che avvengono a freddo nelle acque stagnanti, quanto dalla imperfetta combustione della nafta, dalle fumate continue degli autocarri di transito, che rigettano anche sensibili quantità di ossido di carbonio.

*
* *

Questi primi dati richiedono certo ulteriori accertamenti, ma permettono di porci un problema. Dato il regime meteorologico della nostra zona, dove le nebbie di tipo terrestre sono molto frequenti, dobbiamo noi prevedere che anche qui abbiano qualche volta a presentarsi le condizioni che determinarono le nebbie mortifere della Val della Mosa?

A mio giudizio il caso è certamente possibile, ma non è punto probabile, e ciò per due ragioni molto definite.

Innanzi tutto nella nostra regione gli stabilimenti industriali non sono così numerosi come nella Valle della Mosa e quindi è molto minore la massa delle impurità riversate quotidianamente nell'aria; in secondo luogo la configurazione del territorio, costituito da una pianura aperta, offre condizioni ben diverse da quelle della Valle della Mosa, incassata tra erte pareti, dove tutti gli inquinamenti, tutte le impurità dell'aria in determinate condizioni meteorologiche possono ristagnare senza uscita.

Ma per risolvere tali problemi la biometeorologia deve entrare in una fase di più esatte ricerche sperimentali.

Comunico queste mie frammentarie osservazioni per additare ai giovani un nuovo orizzonte di studi, che sarà fecondo per l'avvenire.

BIBLIOGRAFIA

BACCAREDDA ALDO — I germi dell'aria studiati dal velivolo. - Boll. Soc. Ital. di Biologia, 1931.

BERT PAUL — La pression barometrique. - Paris, 1878.

CASAGRANDI ODDO — Autodepurazione dell'aria urbana. - Atti del II Congresso di Tecnica Sanitaria ed Igiene Urbanistica, Milano, 1931.

CONCORNOTTI E. — Ueber die Häufigkeit d. pathogenen Microrganismen in der Luft. - Centralblatt f. Bakteriol, Vol. XXVI.

CONDORELLI MAUGERI — Variazioni numeriche dei microrg. nell'aria di Catania. - Atti Accad. Gioenia, 1888.

DUCCESCHI VIRGILIO — Trabajos del laboratorio de Fisiologia de Cordoba, 1911-15.

FIRKET, BATTA, LECLERC — Les problèmes de pollution de l'atmosphère. - Paris, Masson, 1933.

FLEMMING I. — Ueber die Arten u. die Verbreitung d. lebensfähigen Microrganismen in der Atmosphäre. - Zeit. f. Hygiene, 1908.

FREUDENREICH — Dosage des bacteries de l'air. - Ann. Pasteur, 1888.

GIACOSA Piero — Les corpuscules organisés de l'air des hautes montagnes. - Arch. Ital. de Biologie, 1886.

LOMBROSO CESARE — Pensiero e meteore. - Torino, 1880.

MOSSO ANGELO — Fisiologia dell'uomo sulle Alpi. - Milano, Treves.

MIRONE GIUS. — Oss. sul contenuto microbico dell'aria delle strade di Torino. - Boll. Ist. Sieroterapico, Milano, 1931.

PASTEUR L. — Des poussières organisées dans l'atmosphère. - Compt. Rend., 1859.

RAFFO — Il clima di Pavia. - Boll. di Meteorologia, 1908.

ROSTER GIORGIO — Il pulviscolo atmosferico. - Firenze, Loescher, 1885.

ID. — L'aria atmosferica. - Milano, Dumolard, 1889.

SPALLANZANI L. — Opere. - Milano, Hoepli, 1933.

STOPPANI ANTONIO — La purezza del mare e dell'atmosfera. - Milano, Hoepli, 1875.

TYNDALL JOHN - Floating Matter of the air. - London, Longmans, Green, a. Co, 1881.

VERCELLI F. — L'aria nella natura e nella vita. - Torino, Utet, 1933.

VOLTA ALESSANDRO — Opere. - Milano, Hoepli.

AUTORIASSUNTO

I progressi raggiunti dalla fisica dell'atmosfera solo ora permettono di coordinare studi antichi e nuovi per gettare le basi di una bioclimatologia e di una meteoropatologia. In particolare dei vari tipi di nebbie a Pavia prevalgono di gran lunga le nebbie da radiazione, che non dipendono dalle vaste superficie evaporanti (risaie, marcite) ma dal più o meno frequente fenomeno dell'inversione termica. I pulviscoli ed i germi sospesi nell'aria hanno diversa provenienza e diversa distribuzione in diretto rapporto colle vicende meteoriche: colle nebbie subiscono in generale una notevole concentrazione. Ma dopo le grandi nevicate l'aria rimane povera di germi anche con nebbia fitta, mentre si condensano ancora pulviscoli e gas nocivi, che potrebbero dar luogo a fenomeni tossici come quelli osservati nella valle della Mosa.

(Consegnato alla Redazione il 13-II-1934).